

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

Patent Number: DE19718950  
Publication date: 1998-11-12  
Inventor(s): HAUER HEINER (DE); MOESS EBERHARD (DE); KUKE ALBRECHT DR (DE)  
Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
Requested Patent:  DE19718950  
Application Number: DE19971018950 19970505  
Priority Number(s): DE19971018950 19970505  
IPC Classification: G02B6/42; H01L31/16  
EC Classification: G02B6/42C3R; G02B6/42C5P2  
Equivalents:  WO9850811

---

#### Abstract

---

The invention pertains to an electrooptical module for use in the telecommunication technology for converting electrical signals into optical signals and, vice-versa, optical signals into electrical signals. Said module comprises an electrical interface in the form of electrical connecting fingers (26 to 29), and electrical interface for optic fibres (11), a plate-like substrate (3, 303, 403), which bears on one of its wide sides an electrically metallized converter, as well as a bearing surface (53) designed for a printed circuit board (60). The radiation path axis of the optical interface is at a distance of the bearing surface (53) and substantially perpendicular thereto (53), and one of the wide sides is taken as the reference surface for aligning the front side of the flange (14, 414), which in its turn determines the alignment of the place provided for receiving the fibres (12, 312). The advantage of such a device is its low cost assembly on a printed circuit board (60) according to the CMS technology.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 197 18 950 A 1

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 02 B 6/42  
H 01 L 31/16

DE 197 18 950 A 1

(21) Aktenzeichen: 197 18 950.4  
(22) Anmeldetag: 5. 5. 97  
(43) Offenlegungstag: 12. 11. 98

(71) Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:  
Hauer, Heiner, 70734 Fellbach, DE; Kuke, Albrecht,  
Dr., 71549 Auenwald, DE; Moess, Eberhard, 71540  
Murrhardt, DE

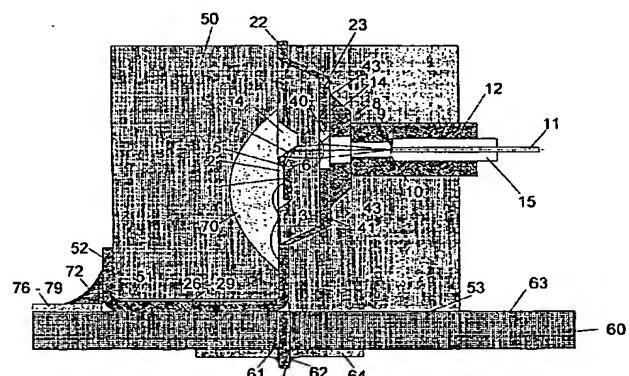
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Elektrooptisches Modul

(57) Es wird ein optoelektronisches Modul vorgeschlagen, das in der optischen Nachrichtentechnik zur Wandlung elektrischer in optische Signale beziehungsweise optischer in elektrische Signale dient. Das Modul umfaßt  
 - eine elektrische Schnittstelle in Gestalt elektrischer Anschlußfinger (26 bis 29),  
 - eine optische Schnittstelle, geeignet für eine optische Faser (11),  
 - ein tafelförmiges Substrat (3, 303, 403), das auf einer seiner Breitseiten einen Wandler (1, 301, 401) trägt, der elektrisch kontaktiert ist,  
 - eine Auflagefläche (53), geeignet für eine Leiterplatte (60).

Dabei hat die Achse des Strahlverlaufs an der optischen Schnittstelle einen Abstand zur Auflagefläche (53) und verläuft im wesentlichen parallel zu dieser. Die Breitseiten verlaufen im wesentlichen senkrecht zur Auflagefläche (53) und eine der Breitseiten ist Bezugsfläche für die Ausrichtung der Stirnseite eines Flansches (14, 414), der seinerseits die Ausrichtung einer Aufnahme (12, 312) für die Faser (11) mitbestimmt.

Auf diese Weise läßt sich eine kostengünstige Montage auf einer Leiterplatte (60) in SMD-Technik erreichen.



DE 197 18 950 A 1

# DE 197 18 950 A 1

## Beschreibung

### Stand der Technik

- 5 Die Erfindung geht aus von einem Modul nach der Gattung des Hauptanspruchs.  
Optoelektronische Module werden in der optischen Nachrichtentechnik zur Wandlung elektrischer in optische Signale bzw. optischer in elektrische Signale benötigt. Gebräuchlich sind Sende- bzw. Empfangsmodule, bei denen der optoelektronische Wandler, üblicherweise eine Halbleiterlaserdiode bzw. eine Photodiode, in einem koaxial aufgebauten und hermetisch dicht verschlossenen Gehäuse, einem sogenannten TO-Gehäuse, montiert ist. An dieses TO-Gehäuse wird dann über eine Abbildungsoptik eine Faser angekoppelt, wobei die ganze Anordnung in einem Modulgehäuse zusammengefaßt ist. Die elektrischen Anschlüsse des elektrooptischen Wandlers werden aus dem Sockel des TO-Gehäuses über Durchführungsdrähte herausgeführt. Dadurch wird die Frequenzbandbreite auf <1 Gbit/s beschränkt. Für höhere Bitraten ist es erforderlich, Gehäuse mit Hochfrequenz-Durchführungen, beispielsweise Butterfly-Gehäuse, zu verwenden, die aber wesentlich teurer sind.
- 10 Um eine kostengünstige Montage auf Leiterplatten zu erreichen, werden elektrische Bauteile in SMD-Technik (Surface Mounted Device) montiert.
- 15 Herkömmliche optoelektronische Module in TO- oder Butterfly-Technik sind für die SMD-Montage nicht geeignet und müssen daher separat von den elektrischen Bauteilen montiert werden, was mit erheblichen Mehrkosten verbunden ist.

20

### Vorteile der Erfindung

- Das erfindungsgemäße Modul mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber folgenden Vorteil.  
Die Erfindung und ihre Ausführungsbeispiele ermöglichen eine kostengünstige und automatisierbare Herstellung von optoelektronischen Sende- und Empfangsmodulen in SMD-Bauweise, die zusammen mit elektronischen Bauelementen auf einer Leiterplatte im selben Arbeitsgang montiert werden können. Wenn die erfindungsgemäßen Module als Receptacles hergestellt werden, stört bei der Montage auf der Leiterplatte kein Faserende. Die Befestigung der Module auf der Leiterplatte ist durch die erfindungsgemäßen Merkmale so stabil, daß alle gebräuchlichen Steckersysteme verwendet werden können.
- 25 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Merkmale sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Moduls möglich.

### Zeichnungen

- 35 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen  
**Fig. 1** den Querschnitt durch ein fertig auf eine Leiterplatte montiertes Sendernodul,  
**Fig. 2** ein sogenanntes Leadframe für die Montage eines Sendemoduls nach **Fig. 1**,  
**Fig. 3** dasselbe Leadframe in einem späteren Bearbeitungszustand,  
40 **Fig. 4** das Modul von außen (Ansicht von links nach **Fig. 1**),  
**Fig. 5** eine Variante zu **Fig. 1**,  
**Fig. 6** ein Ausführungsbeispiel für die Ankopplung eines VCSEL-Lasers an eine Einmodenfaser,  
**Fig. 7** eine Variante zu **Fig. 6**.

45

### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

- Zunächst wird ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel in Form eines Sendemoduls beschrieben. **Fig. 1** zeigt den Querschnitt durch ein fertig auf eine Leiterplatte montiertes Sendemodul. Als Wandler **1** ist eine Laserdiode **1** in einer Vertiefung **2** einer Breitseite ("Vorderseite") eines tafelförmigen Silizium-Substrats **3** montiert. Die Vertiefung **2** wurde durch anisotropes Ätzen in dem kristallographisch (100)-orientierten Silizium-Substrat **3** erzeugt. Neben der Vertiefung **2** wurde eine weitere Vertiefung **4** in das Silizium-Substrat **3** geätzt. Das aus der Stirnseite der Leserdiode austretende Lichtbündel **5** trifft auf die Stirnfläche **6** der Vertiefung **2**, die mit einer Antireflexionsschicht belegt ist, so daß das Lichtbündel unter geringen Reflexionsverlusten in das Silizium eintreten kann. Aus kristallographischen Gründen haben die Stirnflächen und Seitenflächen der anisotrop geätzten Vertiefungen einen Böschungswinkel von
- 55  $\alpha = \arctan(\sqrt{2}) = 54,7^\circ$ .

- 60 Im Inneren des Siliziums trifft das Lichtbündel auf die Stirnfläche der zweiten Vertiefung **4**, die den gleichen Böschungswinkel in entgegengesetzter Richtung aufweist. Dort ist der Auftreffwinkel so groß, daß das Lichtbündel totalreflektiert wird. Nach der Reflexion durchläuft das Lichtbündel das Silizium-Substrat nahezu senkrecht zur Breitseite des Substrats. Die Strahlrichtung des Mittenstrahls des totalreflektierten Bündels hängt vom Medium zwischen der Laserstirnfläche und der Stirnfläche **6** der Vertiefung **2** ab. Füllt man diese Vertiefung mit einem transparenten Medium mit dem Brechungsindex von  $n_0 = 1,5$ , so verläuft der Mittenstrahl des an der Stirnfläche **7** reflektierten Lichtbündels unter einem Winkel von  $1,4^\circ$  gegenüber der Normalen zur Breitseite des Silizium-Substrates **3**.
- 65 Auf der den Vertiefungen gegenüberliegenden Breitseite ("Rückseite") des Silizium-Substrates trifft das Lichtbündel auf eine Sammellinse **8**, die vorzugsweise durch reaktives Ionenstrahlätzen (RIE) direkt auf der Rückseite des Silizium-Substrates erzeugt ist. Dadurch erhält man eine hochgenaue Ausrichtung der Sammellinse **8** zu den beiden strahlumlenkenden Stirnflächen **6** und **7** auf der Vorderseite, die durch die Vorder-Rückseiten-Ausrichtung der Lithographie-Pro-

# DE 197 18 950 A 1

zesse im Vielfachnutzen bei der Strukturierung des Siliziumwafers erreicht wird. Die Position der Laserdiode **1** wird durch die als Anschläge dienenden Seitenwände der Vertiefung **2** definiert. Dadurch wird die gegenseitige Position der Laserdiode **1** zur Sammellinse **8** durch lithographische Prozesse mit hoher Genauigkeit vorbestimmt. Die Sammellinse **8** fokussiert das Lichtbündel in einem Bildpunkt **9**. An dem Ort des Bildpunktes **9** wird die Stirnfläche einer Faser **11** positioniert. Die Brennweite der Sammellinse **8** wird so gewählt, daß sich ein Vergrößerungsverhältnis für eine optimale Strahltransformation des Laserstrahls in einen von der verwendeten Faser **11** akzeptierten Strahl ergibt, um einen optimalen Koppelwirkungsgrad zu erreichen. Wird als Faser eine Mehrmodenfaser mit einem Kerndurchmesser von circa 45 µm verwendet, so kann auf eine aktive Justage verzichtet werden. Bei einer Einmodenfaser mit einem Kerndurchmesser von circa 10 µm ist eine aktive Justage erforderlich.

Bevorzugt wird das Sendemodul als sogenanntes Receptacle hergestellt, bei dem die Faser **11** nicht fest mit dem Modul verbunden ist, sondern Teil eines Steckers **15** ist, der lösbar und verdreh sicher in einer Aufnahme (insbesondere Buchse) **12** geführt ist. Die Aufnahme weist einen Flansch **14** auf, dessen Stirnfläche senkrecht zur Faser- und Steckerachse und parallel zu den Breitseiten des Silizium-Substrats **3** verläuft. Die axiale Position des Steckers **15** wird durch einen Anschlag **10** an der Stirnseite der Aufnahme **12** festgelegt. Zur Vermeidung von Rückreflexionen von der Faserstirnseite auf die Laserdiode **1** ist die Normale auf der Faserstirnseite gegenüber der Faserachse, wie nach dem Stand der Technik üblich, um einen Winkel  $\delta$  geneigt. Üblicherweise wird für  $\delta$  ein Winkel von 8° gewählt. Aufgrund des Brechungsgesetzes muß dann zwischen dem einfallenden Strahl und der Faserachse bei einem Brechungsindex des Faserkerns von  $n_0=1,46$  ein Winkel von

$$\epsilon = \arcsin(n_K \cdot \sin \delta) - \delta = 3,7^\circ \quad (1)$$

eingestellt werden. Dieser Winkel läßt sich bevorzugt durch eine definierte Verschiebung der Sammellinsenmitte zur Strahlmitte (Mittenstrahl) einstellen, so daß die Aufnahme (Buchse) **12** für die Faser **11** beziehungsweise für den Stecker **15** in der Richtung der Substratnormalen verlaufen kann, was die Herstellung und Montage des Flansches **14** erleichtert. Die Strahlführung wurde beispielhaft für ein Silizium-Substrat **3** mit der Standarddicke von 525 µm und einer auf der Substratrückseite geätzten Silizium-Sammellinse **8** berechnet. Im folgenden sind die Ausgangsgrößen und Ergebniswerte aufgeführt.

Berechnungsbeispiel für ein Sendemodul:

Wellenlänge in Luft:	$\lambda = 1,55 \mu\text{m}$	30
Medium zwischen Laserdiode und Si-Substrat:	$n_0 = 1,5$	
Taillenradius des Laserstrahls:	$w_{0L} = 2,0 \mu\text{m}$	
Taillenradius für die Einmodenfaser:	$w_{0F} = 5,8 \mu\text{m}$	
erforderliche Vergrößerung für Transformation:	$M = 2,9$	35
Sammellinsenradius:	$R_L = 120 \mu\text{m}$	
Krümmungsradius der Sammellinse:	$R_k = 350 \mu\text{m}$	
Brennweite der Sammellinse:	$f = 141 \mu\text{m}$	
Stegbreite zwischen den Vertiefungen <b>2</b> und <b>4</b> :	$a = 10 \mu\text{m}$	
Tiefe der Laserdiode unter der Si-Oberfläche:	$t = 62,5 \mu\text{m}$	40
optische Weglänge Laserdiode – Sammellinse bezogen auf Luft:	$g = 189 \mu\text{m}$	
optische Weglänge Sammellinse – Faser:	$b = 550 \mu\text{m}$	
erreichte Vergrößerung:	$b/g = 2,91$	
Richtungswinkel des Mittenstrahls vor der Sammellinse:	$\gamma_i = 1,37^\circ$	
Versatz Sammellinsenmitte – Strahlmitte:	$v = 2,7 \mu\text{m}$	45
Richtungswinkel des Mittenstrahls nach der Sammellinse:	$\gamma_n = 3,69^\circ$	
Schnittwinkel der Faserstirnfläche:	$\delta$	
	= 8,0°	
Richtungswinkel nach Brechung an Faserstirnfläche:	$\gamma_f = 0^\circ$	50

In diesem berechneten Beispiel wird der Mittenstrahl des transformierten Laserstrahlbündels durch einen definierten Versatz der geätzten Silizium-Sammellinse von 2,7 µm gegenüber der Strahlmitte gerade in den erforderlichen Richtungswinkel von 3,69° umgelenkt, der für eine Faser mit einem Schnittwinkel von 8° erforderlich ist. Die Faserstirnfläche muß dabei 550 µm von der Sammellinse entfernt sein. Das Vergrößerungsverhältnis wird dann  $M=2,9$  und ist für die Transformation eines Laserstrahls mit einem Taillenradius von 2,0 µm in einen an die Faser angepaßten Strahl mit einem Taillenradius von 5,8 µm geeignet.

Zur Aufnahme des Silizium-Substrates **3** und zur Herstellung der elektrischen Verbindungen wird ein sogenannter Leadframe verwendet. Solche Leadframes sind gebräuchlich, um elektronische Halbleiterchips zu kontaktieren und anschließend mit einer Vergußmasse zu umhüllen.

Leadframes haben eine zentrale Montagefläche für den Chip und in der Peripherie dazu spinnenartig geätzte Anschlußfinger, die von einem äußeren Rahmen bis nahe an die zentrale Montagefläche heranreichen, sowie Stege, welche die zentrale Montagefläche mit dem äußeren Rahmen verbinden. Die Kontaktflächen des Chips werden durch Bondverbindungen mit den Anschlußfingern des Leadframes verbunden. Zur serienmäßigen Fertigung von Modulen werden die Leadframes in Form von Bandern eingesetzt, die automatisch den Stationen zur Chip-Bestückung und Bonding zugeführt werden. Nach der Montage und dem Vergießen der Module werden die äußeren Rahmen abgetrennt, um die Kurzschlüsse zwischen den einzelnen Leitungen zu entfernen, und die Anschlußfinger nach Bedarf gebogen. Bisher war die Montage optoelektronischer Module mit Leadframes nicht möglich, da die Lichtleitfaser bei der SMD-Montage hinderlich ist.

# DE 197 18 950 A 1

Das Receptacle nach der Erfindung ist daher so gestaltet, daß die Faser 11 erst nach der SMD-Montage eingesteckt zu werden braucht.

Ein weiteres Problem bei der Leadframe-Montage, insbesondere bei Sendemodulen, ist die Lichtkopplung. Dieses Problem wird durch die in den Ansprüchen angegebenen Merkmale gelöst.

- 5 Durch die Erfindung läßt sich das bekannte rationelle Montageverfahren mit Leadframes auch für optoelektronische Module verwenden. Fig. 2 zeigt als erstes Beispiel ein Leadframe für die Montage eines Sendermoduls nach Fig. 1. Innerhalb eines Rahmens 20 (Leadframe) befindet sich – über Stege 21 verbunden – eine Montagefläche 22. Auf einem mittleren, abgesenkten Teil 23 dieser Montagefläche ist das Silizium-Substrat 3 mit den beiden Vertiefungen 2 und 4 montiert. Von der Grundfläche der Vertiefung 2 ist eine Leiterhahn 24 herausgeführt, die in einem Bondfleck 25 auf der 10 Oberfläche des Silizium-Substrates 3 endet. Diese Bondfläche 25, die mit der Unterseite der Laserdiode (des Laserchips) 1 leitend verbunden ist, ist über einen Bonddraht mit einem Anschlußfinger 26 des Leadframes 20 verbunden. Ebenso werden die für die Kontaktierung der Laserdiode 1 und einer eventuell vorhandenen Monitordiode 30 erforderlichen Kontaktflächen 31 und 32 mit Anschlußfingern 27, 28 und 29 über Bonddrähte verbunden. Der Raum in der Vertiefung 2 zwischen den Stirnflächen des Laserchips 1 und den Stirnflächen der Vertiefung 2 ist mit einem für Laserlicht transparentem Medium ausgefüllt. Um eine möglichst rationelle Bondung in einer Ebene zu erreichen, ist das Silizium-Substrat 15 3 im abgesenkten Teil 23 der Montagefläche montiert. Die Absenkung 23 ist dabei etwa gerade so tief, wie das Silizium-Substrat dick ist.

- Für die Ankopplung von Einmodenfasern, die eine sehr enge laterale Koppeltoleranz <3 µm erfordern, ist eine Justage- und Fixierungsmöglichkeit vorgesehen, die an die Leadframe-Montage angepaßt ist. Der abgesenkten Teil 23 der 20 Montagefläche 22 hat an der der Sammellinse 8 gegenüberliegenden Stelle eine Öffnung 40 (Fig. 1), die mindestens die Größe der Sammellinse 8 aufweist. Die Montagefläche des Leadframes besteht mindestens auf der ebenen Rückseite 41 (Fig. 1) des abgesenkten Teils 23 aus einem laserschweißbaren Material wie zum Beispiel Kovar oder Edelstahl, das dort nicht wie die Anschlußfinger 26–29 mit Gold beschichtet ist. Diese Rückseite 41 dient als Auflagefläche für die Flanschflächen an der Stirn des Flansches 14. Die Aufnahme 12 hat an ihrem vorderen Ende den Flansch 14, dessen Stirnfläche, die als zweite Flanschfläche dient, geringfügig kleiner ist, als die als erste Flanschfläche dienende Rückseite 41. Der Flansch 14 besteht ebenfalls aus einem laserschweißbaren Material. Bei der aktiven Justage wird die Laserdiode 1 in Betrieb genommen und der Stecker 15 in die Aufnahme 12 gesteckt. Der Flansch 14 wird mit seiner Flanschfläche parallel zur ersten Flanschfläche 41 entweder gleitend oder in sehr engem Abstand bewegt und dabei die in die Faser gekoppelte Lichtleistung gemessen.

- 30 Zweckmäßigerweise wird die Bewegung des Flansches 14 durch einen automatisierten Suchalgorithmus gesteuert zur schnellen Auffindung der optimalen lateralen Koppelposition. Die axiale Koppelposition ist wesentlich unkritischer als die laterale und kann wegen der exakten Vorpositionierung der geätzten Sammellinse zur Laserdiode 1 voreingestellt werden. Die axiale Koppelposition wird durch die Lage des Anschlages 10 (für den Stecker 15) in der Aufnahme 12 bestimmt.

- 35 Nach Erreichen der optimalen Koppelposition wird der Flansch 14 durch Leserschweißpunkte 43 mit der Rückseite 41 verschweißt. Danach kann der Stecker 15 aus der Aufnahme 12 entnommen werden und die Aufnahme 12 zum Schutz beim nachfolgenden Umhüllungsprozeß mit einer Schutzkappe versehen werden.

- Zur aktiven Justage des Flansches 14 muß die Laserdiode 1 elektrisch kontaktiert werden. Dabei tritt folgendes Problem auf: Werden die Anschlußflecken der Laserdiode mit den Anschlußfingern 26 und 27 über Bonddrähte verbunden, 40 so sind sie bis zum Abtrennen des Rahmens 20 kurzgeschlossen. Der Rahmen 20 kann nur abgetrennt werden, wenn das Modul umhüllt ist, da sonst die Anschlußfinger abfallen. Nach der Umhüllung ist aber die Rückseite 41 nicht mehr frei oder diese Fläche müßte zunächst freigehalten und nach der Flanschfixierung umhüllt werden, was mit erheblichem Mehraufwand verbunden wäre.

- Daher wird folgender Verfahrensablauf vorgeschlagen: Die Justierung und Fixierung des Flansches 14 erfolgt vor dem 45 Bondvorgang für die Leseranschlüsse. Die Apparatur zur automatischen Flanschjustage und -fixierung (Justage- und Fixierstation) enthält eine Aufnahmeverrichtung, in die das Leadframe mit montiertem Silizium-Substrat 3 und Laserchip 1 so eingelegt werden kann, daß die Seite mit dem Laserchip nach unten gerichtet ist und die andere Seite nach oben.

- Die Aufnahmeverrichtung weist den Kontaktflächen der Laserdiode gegenüberliegende Kontaktstifte auf, über die während der Justage der Laserbetriebsstrom geführt wird. Da bei Serienproduktion viele Leadframes nebeneinander als 50 Band angeordnet sind, können sie leicht automatisch in die Justage- und Fixierstation geführt und dort über die Kontaktstifte kontaktiert werden. In der Justage- und Fixierstation muß dann nur noch zu jedem Modul der Flansch 14 zugeführt werden, zweckmäßigweise aus einem Magazin. Die für die Laserlichtdetektion erforderliche Faser 11 mit Stecker 15 kann für alle zu justierenden Module die gleiche sein und fest mit einem Lichtdetektor der Justage- und Fixierstation verbunden sein, wobei der Stecker automatisch in die jeweilige Aufnahme 12 eingeführt wird. Auf diese Weise ist nicht nur der Justage- und Fixierungsvorgang automatisierbar, sondern auch die Zuführung der Bauteile.

- Nach Durchlaufen der Justage- und Fixierstation werden die Bondverbindungen hergestellt und anschließend das umhüllende Material (Umhüllung) 50 angebracht. Zweckmäßigweise kann diese Umhüllung wie üblich aus einer inneren Umhüllung 70 und einer äußeren Umhüllung 50 bestehen (Fig. 1). Die innere Umhüllung 70, die den Bereich der Bonddrähte abdeckt, besteht zum Schutz der Bonddrähte aus einem weicheren Material. Die äußere Umhüllung 50, die später 60 den mechanischen Schutz bewirken soll, besteht aus einem festeren Material. Danach wird der Rahmen 20 entfernt, indem die Stege 21 an Markierungen 21a und die Anschlußfinger 26 bis 29 an Markierungen 26a bis 29a durchgetrennt werden. Die Anschlußfinger 26 bis 29 werden an der Unterseite der Umhüllung 50 rechtwinklig abgebogen, so daß sie in Aussparungen 51 (Fig. 1 und 4) zu liegen kommen. Diese Aussparungen 51 sind entsprechend der Dicke der Anschlußfinger gerade so tief, daß diese nicht über die Kontur der Umhüllung 50 hinausragen. An der Kante zur seitlichen Fläche 65 52 werden die Anschlußfinger rechtwinklig nach oben gebogen, so daß sie an der Fläche 52 anliegen und noch einige Millimeter nach oben ragen. Man erhält auf diese Weise einen quaderförmigen Klotz, der etwa in der Mitte senkrecht nach unten ragende Stifte aufweist, gebildet durch die Stege 21. Diese Stifte 21 werden in Bohrungen 61 einer Leiterplatte 60 hineingesteckt und auf der Unterseite der Leiterplatte mit Hilfe von Lot 62 mit einer Masseleiterbahn 64 verlö-

# DE 197 18 950 A 1

tet. Die Auflagefläche 53 der Umhüllung 50 ist abgesehen von den Ausnehmungen 51, in denen die Anschlußfinger 26-29 verlaufen, eben, so daß das gezeigte Modul fast ganzflächig auf der Oberseite 63 der Leiterplatte 60 aufliegen kann.

Durch das ganzflächige Aufliegen des Moduls und die Durchsteckhalterung in der Mitte der Unterseite wird eine hohe mechanische Stabilität der Befestigung erreicht, die für die Steckvorgänge in der Aufnahme 12 erforderlich ist. Die elektrische Kontaktierung der Anschlußfinger 26-29 mit Leiterhahnen 76 bis 79 auf der Oberseite 63 der Leiterplatte 60 geschieht wie beim SMD-Verfahren gebräuchlich über Lötstellen 72. Die elektrischen Verbindungen der Anschlußfinger 26-29 sind auch bei starker mechanischer Belastung des Moduls bei Steckvorgängen von mechanischen Beanspruchungen weitgehend entkoppelt, da eine eventuelle Kippung des Moduls durch die Federwirkung der langen Anschlußfinger aufgefangen wird.

Die Fig. 3 zeigt das Modul von der Stirnseite nach dem Umhüllen und nach dem Bearbeiten der Anschlußfinger und Stege in einem Querschnitt in der Ebene des Leadframes. Fig. 4 zeigt das Modul von außen mit der im Querschnitt dargestellten Leiterplatte 60.

In einer zweiten Version werden für die Montage zwei Leadframes verwendet, die sandwichförmig angeordnet sind. Ein Ausführungsbeispiel hierzu ist in Fig. 5 dargestellt. Ein erster Leadframe 100 enthält dabei die Montagefläche 122 zur Aufnahme des Silizium-Substrates 3 mit den Vertiefungen 2 und 4, des Laserchips 1 (vergleiche Fig. 1) und eventuell der Monitordiode 30 (vergleiche Fig. 2). Die Montagefläche 122 ist über Stege 121 mit einem Rahmen 120 verbunden. Hier kann auf eine Absenkung des inneren Bereiches der Montagefläche wie im ersten Ausführungsbeispiel verzichtet werden. Ein zweiter Leadframe 200 enthält nur die Anschlußfinger 26 bis 29. Der Rahmen 220 des zweiten Leadframes 200 wird dabei zu dem Rahmen 120 des ersten Leadframes 100 über Raststrukturen 201 und 101 ausgerichtet. Beide Leadframes haben im mittleren Bereich einen Abstand voneinander, der der Dicke des Silizium-Substrates entspricht. Die Stege 121 sind entsprechend diesem Abstand gekröpft. Die Verwendung zweier Leadframes 100 und 200 hat gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel den Vorteil, daß für die beiden Leadframes entsprechend ihren unterschiedlichen Aufgaben verschiedene Materialien und Materialstärken verwendet werden können.

Das Leadframe 100, das die Montagefläche und die Stege 121 trägt, sollte aus Stabilitätsgründen eine größere Materialstärke haben. Außerdem muß es aus einem laserschweißbaren Material wie Kovar oder Edelstahl bestehen. Das Leadframe 200, das die Anschlußfinger trägt, sollte dünner sein, da diese später umgebogen werden müssen. Außerdem muß seine Oberfläche vergoldet sein, da darauf gebondet und gelötet werden muß.

Zunächst wird der erste Leadframe 100 bestückt und wie für die erste Version beschrieben über Kontaktstifte in der Justagevorrichtung kontaktiert und automatisch aktiv justiert. Danach wird das Band mit dem zweiten Leadframes 200 hinzugefügt und mit den Raststrukturen 201 auf dessen Rahmen 220 in den Raststrukturen 101 auf dem Rahmen 120 des ersten Leadframebandes eingerastet, so daß beide zueinander ausgerichtet sind für die anschließende Herstellung der Bondverbindungen der Anschlußflecken auf dem Silizium-Substrat mit den Anschlußfingern. Die weitere Bearbeitung, Böden, Vergießen, Stutzen und Umbiegen der Anschlußfinger erfolgt wie für die erste Version beschrieben.

Für optoelektronische Module, bei denen wegen der etwas größeren Toleranzfelder eine aktive laterale Justage nicht erforderlich ist, kann statt der oben beschriebenen Flanschjustage eine justagefreie Montage mit Raststrukturen vorgenommen werden. Solche Module können Sendermodule mit VCSEL-Lasern (Vertical Cavity Surface Emitting Laserdiode) oder mit SSC-LD (Spot Size Converted Laser Diode) sein.

Bei den VCSEL liegt die Lichtabstrahlrichtung in der Flächennormalen der Chipober- oder -unterseite. Ihr Modenfelddurchmesser entspricht etwa dem einer Einmodenfaser. Die SSC-LD strahlen an einer Chipkante ab. Das Feld wird durch einen vor dem aktiven Laserbereich liegenden Converter dem Feld einer Einmodenfaser nahezu angepaßt. Eine Strahltransformation durch externe mikrooptische Mittel ist bei beiden Lasertypen nicht mehr erforderlich. Die Toleranzfelder entsprechen in ihrer lateralen und axialen Ausdehnung den Toleranzfeldern bei der Verkopplung zweier Einmodenfasern miteinander. Noch größere Toleranzfelder bestehen bei der Ankopplung einer Empfangsdiode an eine Einmodenfaser.

Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel für die Ankopplung eines VCSEL-Lesers an eine Einmodenfaser. Auch hier wird wie in den vorigen Ausführungsbeispielen, ein Leserchip 301 auf der Montagefläche eines Leadframes montiert. Der Leadframe ist hier wie im zweiten Ausführungsbeispiel zweistückig mit einem separaten Leadframe 200 für die Anschlußfinger 26 bis 29. Ebenso ist auch eine einstückige Ausführung möglich. Bei einer Emissionswellenlänge >1000 nm wird eine nach rechts strahlende VCSEL 301 auf einem Silizium-Substrat 303 montiert. Eine Breitseite des Silizium-Substrats ist mit photolithographisch aufgebrachten Marken für die Chipmontage versehen. Bezuglich dieser Marken sind auf der anderen Breitseite des Silizium-Substrates 303 durch anisotrope Ätzung mikromechanische Raststrukturen 304 erzeugt. In diese Raststrukturen greifen entsprechende Raststrukturen 305 ein, die auf der Stirnfläche des Flansches 414 erzeugt sind. In diesen Flansch wird nach Fertigstellung des Moduls, ähnlich wie in den vorigen Ausführungsbeispielen, ein Stecker 315 mit einer abgeschrägten Stirnfläche 310 und einer Faser 311 eingeführt.

Das Vergießen, das Abtrennen und Umbiegen der Anschlußfinger erfolgt wie oben beschrieben.

Wird eine VCSEL mit einer Wellenlänge <1000 nm eingesetzt, so ist eine Durchstrahlung des Silizium-Substrates nicht möglich. In diesem Fall wird das in der Fig. 7 dargestellte Ausführungsbeispiel vorgeschlagen.

Eine nach oben (in der Figur nach rechts) abstrahlende VCSEL 401 auf der rechten Breitseite des Silizium-Substrates 403 in einer mikromechanisch erzeugten Vertiefung 402 wird über Bonddrähte mit Anschlußfingern 426 eines Leadframes kontaktiert. Im gleichen mikromechanischen Ätzprozeß werden zusammen mit der Vertiefung 402 Raststrukturen 404 erzeugt. Der Bereich um den freiliegenden Teil des Laserchips 401 und um die Bonddrähte wird mit einer transparenten Abdeckung 470 versehen. In die Raststrukturen 404 greifen komplementäre Raststrukturen 405 auf der Stirnseite des Flansches 414 ein. Der übrige Aufbau erfolgt wie vorher beschrieben.

Module mit SSC-LD werden auf der Breitseite eines Silizium-Substrates montiert, die wie in den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 1 und 5 durch Vertiefungen strukturiert ist. Die Sammellinse auf der anderen Substrat-Breitseite ist in ihrem Krümmungsradius so ausgewählt, daß gerade ein Abbildungsverhältnis von etwa eins erreicht wird, da das Laserfeld bereits an die Faser angepaßt ist. Im Unterschied zu den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 1 und 5 ist hier aber

# DE 197 18 950 A 1

wegen der größeren Toleranzfelder auf der Laser- und Faserseite eine aktive Justage nicht erforderlich. Wie in den vorigen Beispielen kann hier die aktive Justage durch anisotrop geätzte Raststrukturen ersetzt werden.

Für Empfangsmodule ist der Aufbau im Prinzip ebenso wie bei Sendemodulen mit VCSEL. Je nach Wellenlänge >1000 nm oder <1000 nm wird die empfängende Photodiode auf der oberen oder unteren Breitseite des Silizium-Substrats montiert. Die Montage des Flansches erfolgt justagefrei über anisotrop geätzte mikromechanische Raststrukturen auf der Substrat-Unterseite und komplementäre Raststrukturen auf der Stirnseite des Flansches. Das Vergießen und das Stutzen und Umbiegen der Anschlußfinger erfolgt wie oben beschrieben.

Die komplementären Raststrukturen auf der Stirnseite des Flansches werden durch Abformen mittels Spritzguß erzeugt, wobei die Mutterstruktur mikromechanisch in Silizium geätzt wird und daher die gleiche hohe Präzision wie die mikromechanisch strukturierten Silizium-Substrate hat und zu diesen passend hergestellt werden kann.

Nach der justagefreien Montage des Flansches wird das Modul wie oben beschrieben umhüllt und die Anschlußfinger und Stege gestutzt und umgebogen.

## Patentansprüche

- 15 1. Elektrooptisches Modul mit
  - einer elektrischen Schnittstelle in Gestalt elektrischer Anschlußfinger (26 bis 29),
  - einer optischen Schnittstelle, geeignet für eine optische Faser (11),
  - einem tafelförmigen Substrat (3, 303, 403), das auf einer seiner beiden Breitseiten einen Wandler (1, 301, 401) trägt, der elektrisch kontaktiert ist,
  - einer Auflagefläche (53), geeignet für eine Leiterplatte (60),  
**dadurch gekennzeichnet, daß**
    - an der optischen Schnittstelle der Mittenstrahl optischer Strahlen einen Abstand zur Auflagefläche (53) hat und im wesentlichen parallel zu dieser verläuft,
    - die Breitseiten im wesentlichen senkrecht zur Auflagefläche (53) verlaufen und eine der Breitseiten als Bezugsfläche für die Ausrichtung der Stirnseite eines Flansches (14, 414) dient, der seinerseits die Ausrichtung einer Aufnahme (12, 312) für die Faser (11) mitbestimmt.
- 20 2. Modul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnete daß das Substrat (3, 303, 403) gemeinsam mit den Anschlußfingern (26 bis 29) von umhüllendem Material (50) umgeben ist.
- 25 3. Modul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (3, 303, 403) an einer Montagefläche (22, 122) befestigt ist, die mechanisch mit wenigstens einem Steg (21) verbunden ist, der aus der Auflagefläche (53) ragt.
- 30 4. Modul nach einem der Ansprüche 3 bis 17, dadurch gekennzeichnet,
  - daß auf den Steg (21) eine Leiterplatte (60) so gesteckt ist, daß sie mit einer ihrer Breitseiten an der Auflagefläche (53) anliegt,
  - daß der Steg (21) und mindestens einer der Anschlußfinger (26 bis 29) jeweils mit einer Leiterbahn (64, 76 bis 79) der Leiterplatte (60) verlötet sind.
- 35 5. Modul nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Anschlußfinger (26 bis 29) innerhalb des umhüllenden Materials (50) in Richtung auf das Substrat (3, 303, 403) zu erstrecken, während sie außerhalb des umhüllenden Materials (50) so an dessen Außenseite entlang geführt sind, daß sie in der Nähe des Randes der Auflagefläche (53) enden.
- 40 6. Modul nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das umhüllende Material (50) auch den Flansch (14, 414) umgibt.
- 45 7. Modul nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das umhüllende Material (50) die Aufnahme (12) für den Flansch (14, 414) teilweise umgibt.
8. Modul nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußfinger (26 bis 29) in wenigstens einer Aussparung (51) der Auflagefläche (53) versenkt sind.
9. Modul nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahme (12) einen Anschlag (10) für einen Stecker (15) mit Faser (11) aufweist.
- 50 10. Modul nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Montagefläche (22, 122) Teil eines Leadframes (100) ist.
11. Modul nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Montagefläche (22) über Faststrukturen (101, 102) ein Teil eines weiteren Leadframes (200) verbunden ist.
- 55 12. Modul nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Leadframe (200) eine geringere Materialstärke als der erstgenannte Leadframe (100) aufweist.
13. Modul nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Leadframe (200) vergoldet ist.
14. Modul nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen optischen Strahlverlauf, bei welchem die optischen Strahlen im Betrieb die Oberfläche derjenigen Breitseite des Substrates (3, 303) kreuzen, die der optischen Schnittstelle zugewandt ist.
- 60 15. Modul nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,
  - daß das Substrat (3) aus Silizium besteht,
  - daß der Wandler (1) in einer anisotrop geätzten Vertiefung (2) einer Breitseite angeordnet ist, die in einer kriostallographischen (100)-Ebene liegt,
  - daß in derselben Breitseite eine weitere anisotrop geätzte Vertiefung (4) mit einer totalreflektierenden Stirnfläche (7) vorgesehen ist,
  - daß im Betrieb der Mittenstrahl an einer Stirnfläche (6) der erstgenannten Vertiefung (2) gebrochen und an der totalreflektierenden Stirnfläche (7) reflektiert wird und die Oberfläche der zweiten Breitseite durchdringt,
  - daß sich dort auf der zweiten Breitseite eine Sammellinse (8) befindet.

# DE 197 18 950 A 1

16. Modul nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Sammellinse (8) durch reaktives Ionenstrahlätzten direkt auf der zweiten Breitseite erzeugt ist.
17. Modul nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Achse der Sammellinse (8) quer zum Mittenstrahl so verschoben ist, daß die Richtung des Mittenstrahls innerhalb der Sammellinse stärker von der Richtung der normalen auf der zweiten Breitseite abweicht als jenseits der konvexen Begrenzungsfläche, welche die Sammellinse (8) auf der Seite begrenzt, die der zweiten Breitseite abgewandt ist. 5
18. Modul nach Anspruch 3 und einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Montagefläche (22, 122) eine Öffnung (40) aufweist, die Raum für die Sammellinse (8) läßt.
19. Modul nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler (1) eine kantenemittierende Laserdiode 1 ist. 10
20. Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (3) aus Silizium besteht und an der Breitseite, die der optischen Schnittstelle zugewandt ist, anisotrop geätzte Strukturen (304, 404) aufweist, die zusammen mit korrespondierenden Strukturen (305, 405) auf der Stirnfläche des Flansches (14, 414) als Raststrukturen wirken.
21. Modul nach einem der Ansprüche 1, 13 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler (401) ein Flächenstrahler oder ein Photodetektor ist, der in einer anisotrop geätzten Vertiefung (402) auf derjenigen Breitseite des Substrates (403) angeordnet ist, die der optischen Schnittstelle zugewandt ist. 15
22. Modul nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler (401) in der Vertiefung (402) mit einer transparenten Abdeckung (470) versehen ist.
23. Modul nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußfinger (26 bis 29) mit Drähten elektrisch mit dem Wandler (1) verbunden sind und aus demselben Material wie der Leadframe bestehen.
24. Modul nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet daß die Anschlußfinger (26 bis 29) mit Drähten elektrisch mit dem Wandler (301, 401) verbunden sind und aus demselben Material wie der weitere Leadframe (200) bestehen. 20

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

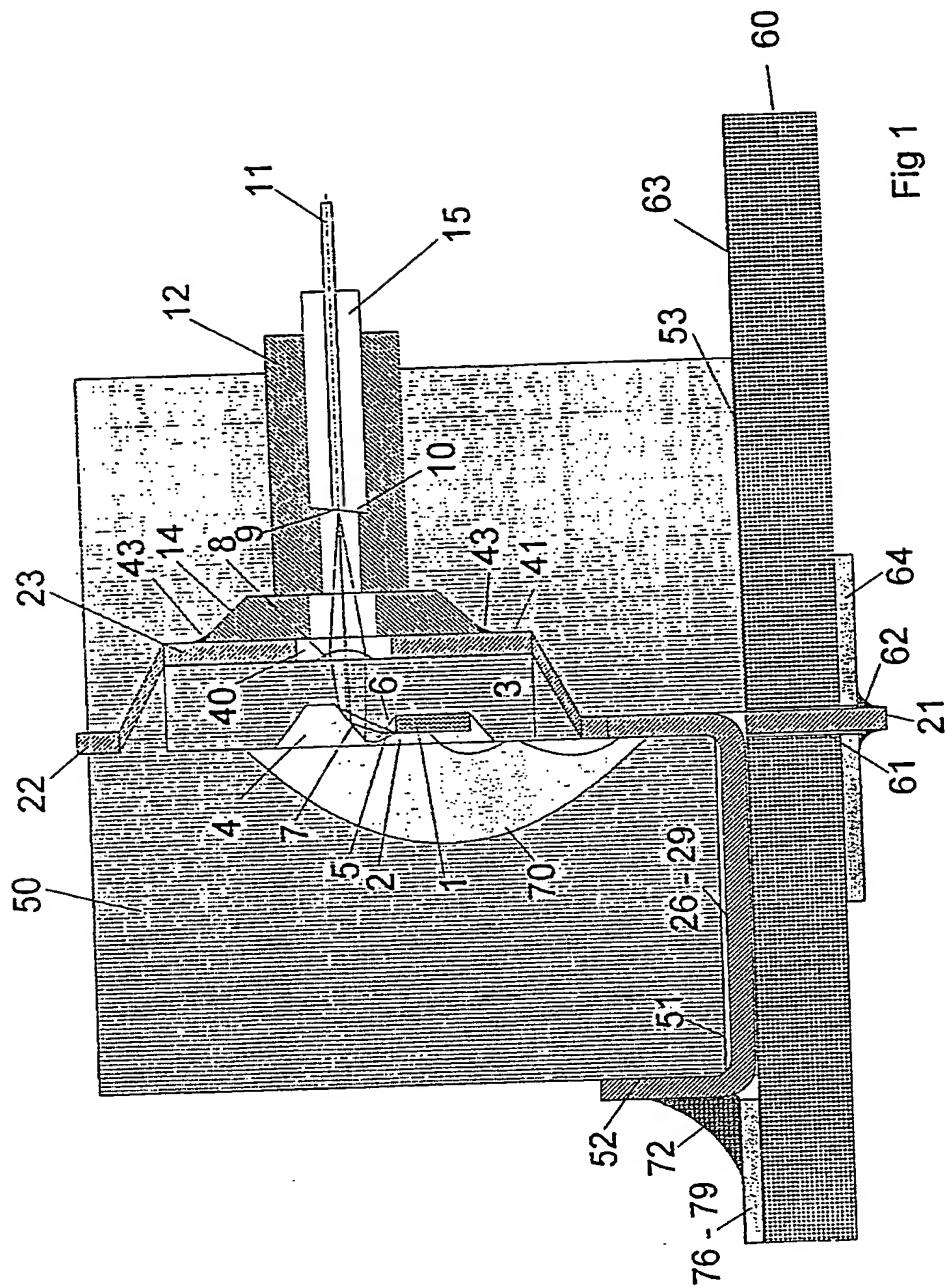


Fig 1

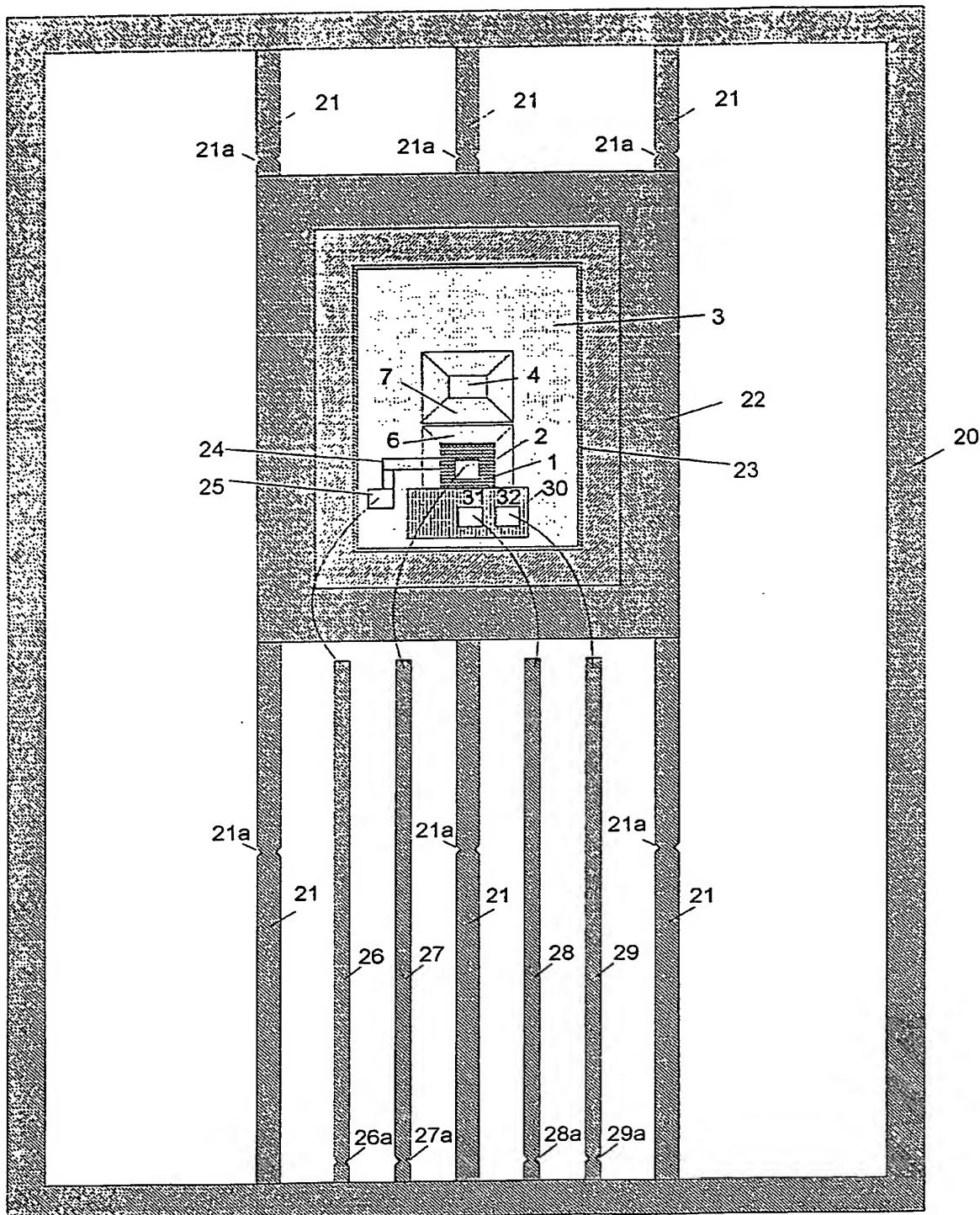


Fig 2

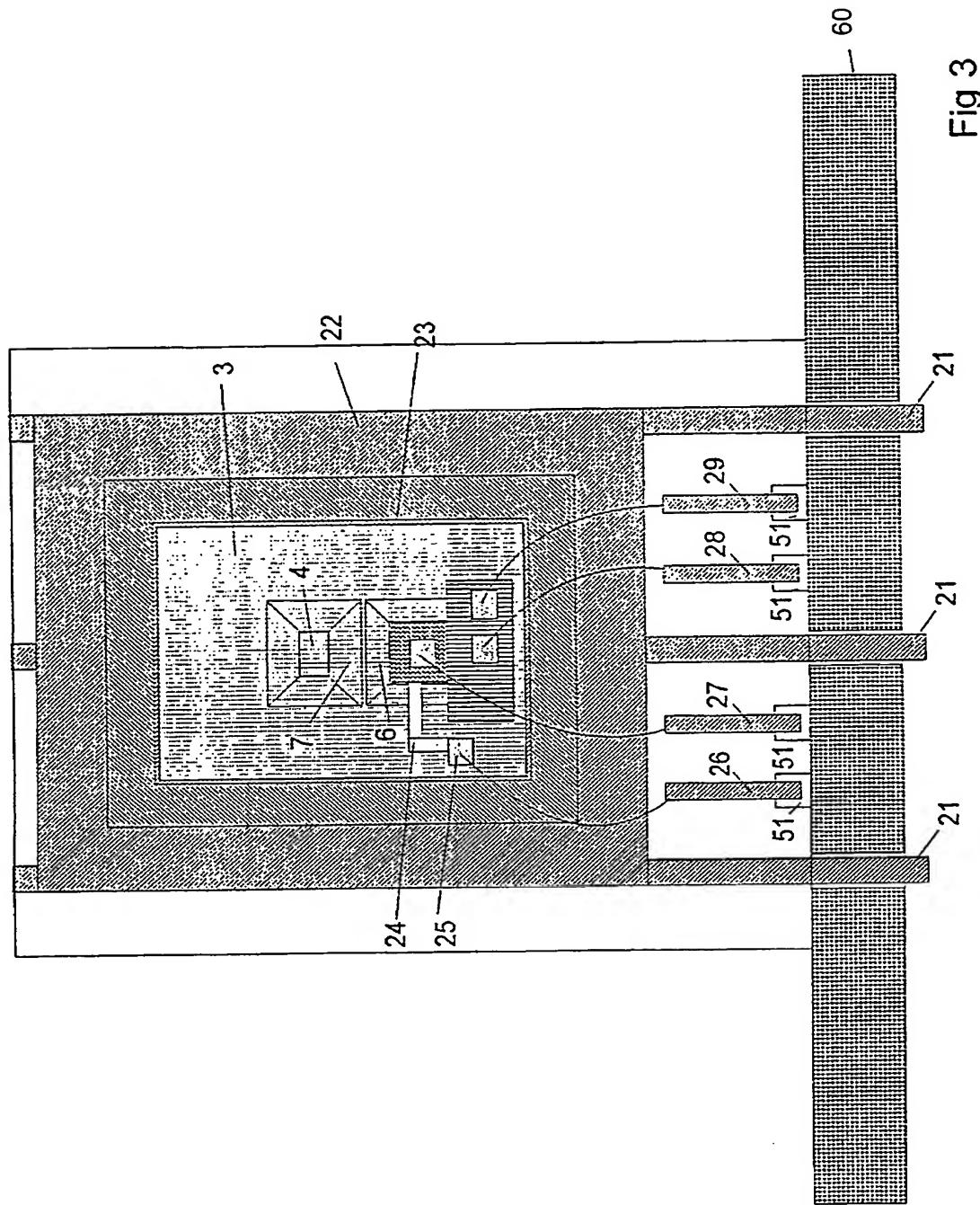


Fig 3

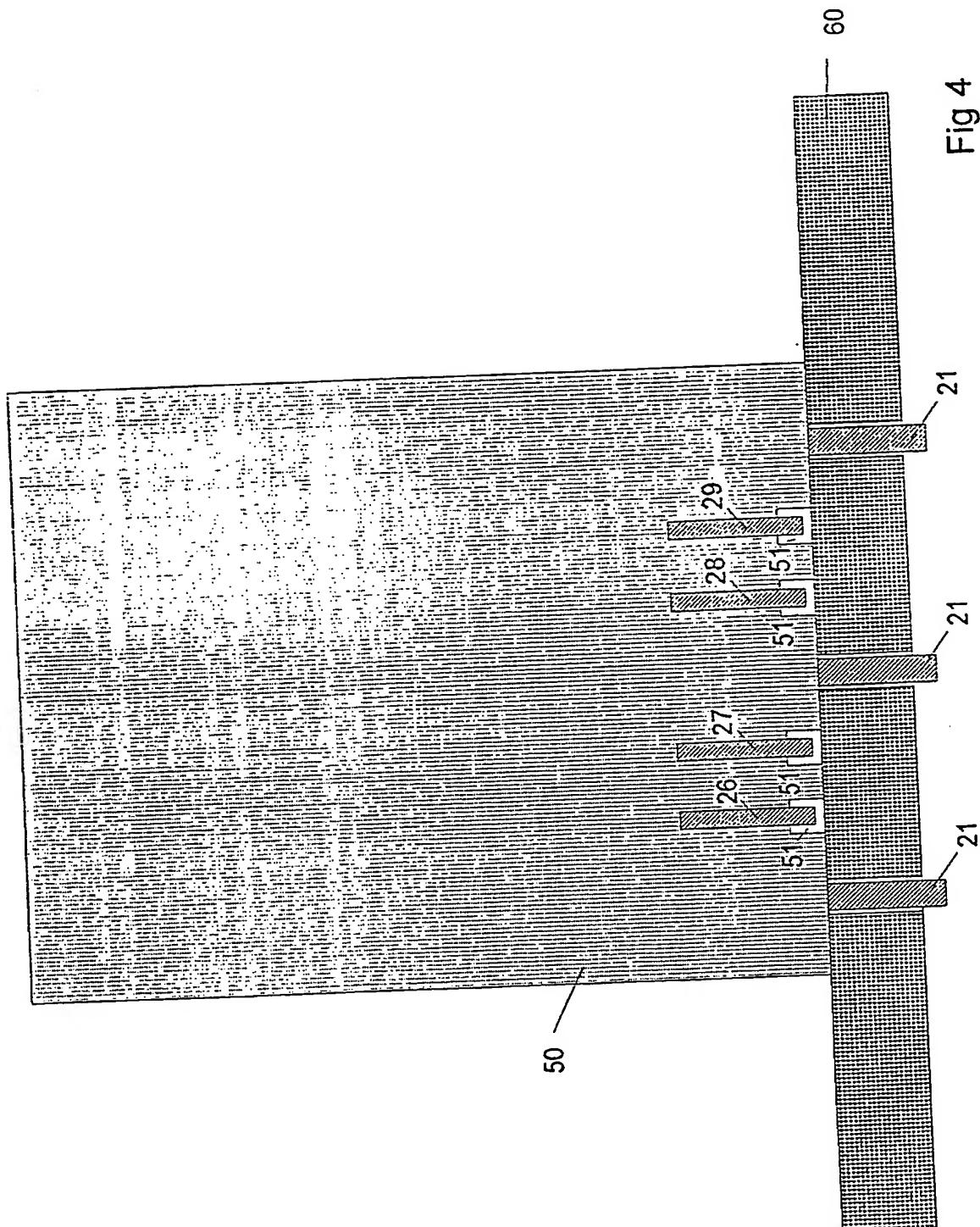


Fig 4

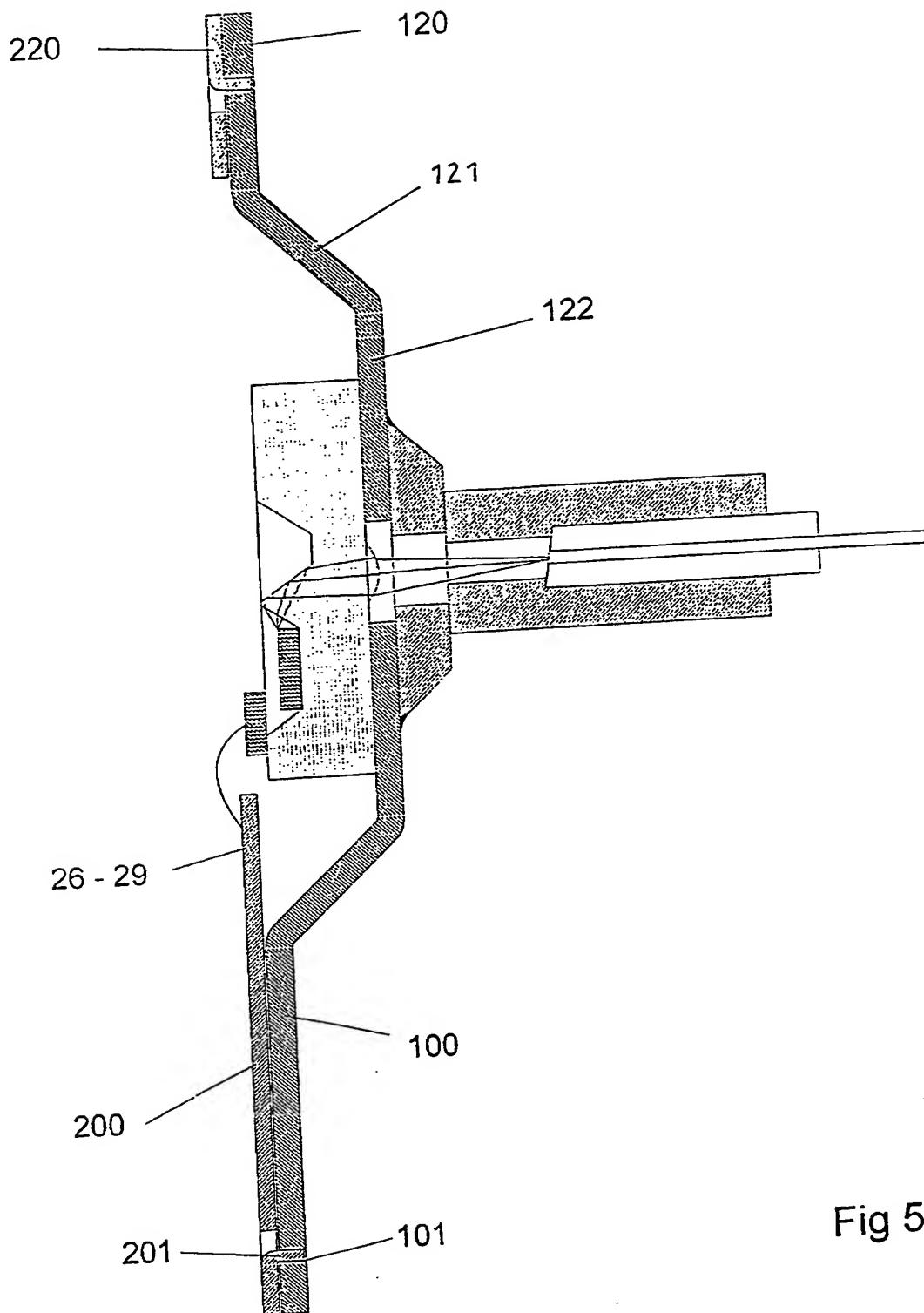


Fig 5

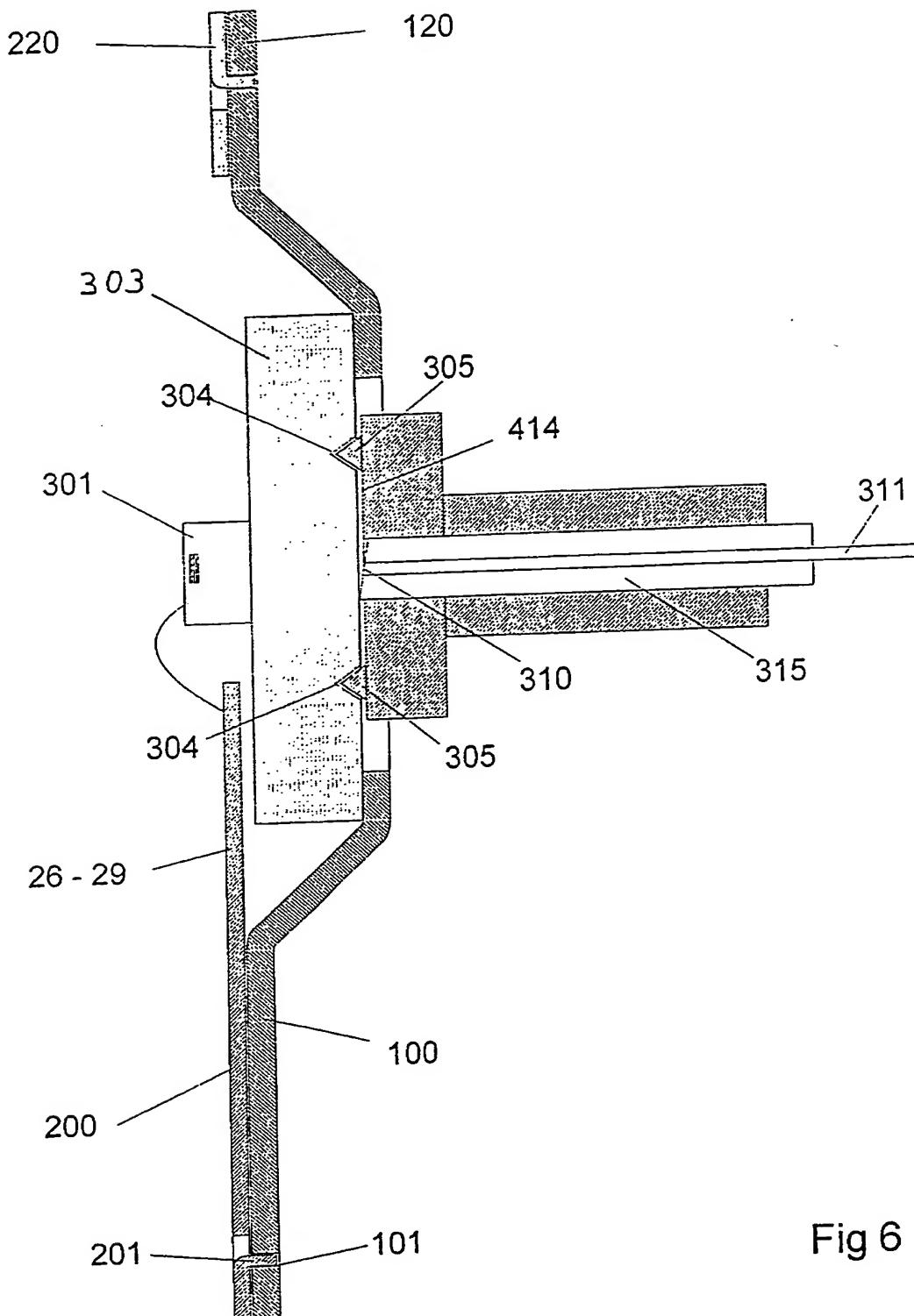


Fig 6

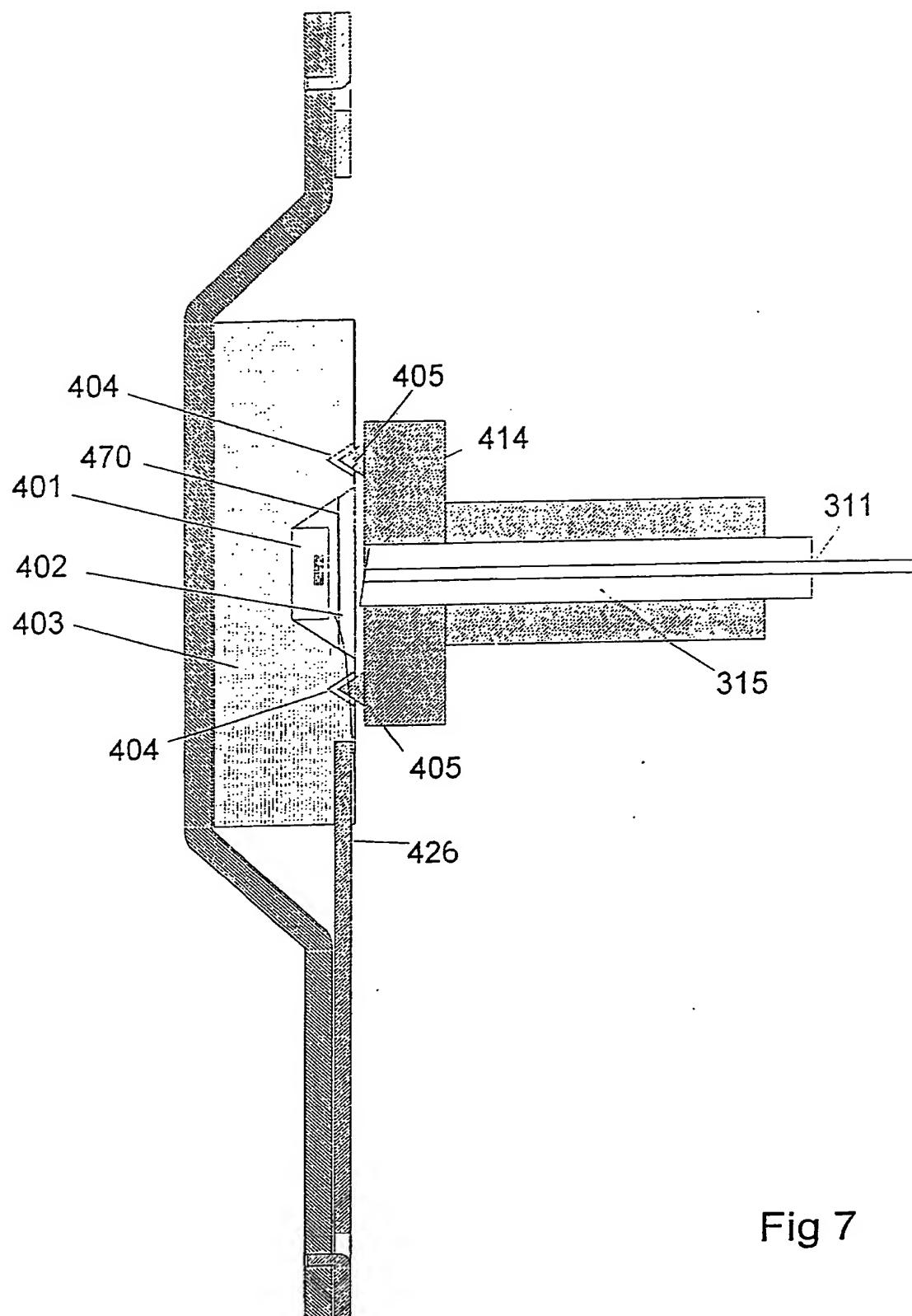


Fig 7